

МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ПРИ СОЗДАНИИ МНОГОКАНАЛЬНЫХ И МНОГОУРОВНЕВЫХ СЕТЕЙ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ЭНЕРГОУЧЕТА

Забелло Е.П., д.т.н., проф., Епифанов В.И., аспирант
УО «Белорусский государственный аграрный технический
университет», г. Минск, РБ

Целью создания многоуровневых сетей автоматизированного учета и контроля энергопотребления (АСКУЭ) в современных условиях является получение оперативной и достоверной информации о потреблении всех видов энергии, используемой для расчетов за их потребление, выявления очагов потерь, оценки качества энергии и выявления виновников нарушения показателей этого качества, а также решения ряда других задач экономического и технического плана. При решении подобных задач применение локальных средств энергоучета исключено как по причине роста требований к их метрологическим характеристикам отдельно по каждому прибору, так и по их комплексам, ввиду того, что измерительная информация, поступившая на дисплей верхнего уровня энергоучета обусловлена измерениями и вычислениями по большому числу этих приборов и каналов, по которым информация передается с нижнего (первичный энергоучет) на верхний уровень.

В сложившихся условиях изменились и требования к метрологическому обеспечению многоуровневого энергоучета, так как появилась возможность их синтеза во многих вариантах, отличающихся видами и характеристиками технических средств (стоимость, погрешности), количеством уровней учета, видов каналов связи и программного обеспечения. В результате появляется необходимость решения оптимизационных задач, одну из которых в части метрологического обеспечения можно сформулировать следующим образом:

$$z_n = z_1 + z_2 + \dots z_i = \min, \quad (1)$$

при ограничении:

$$\delta_\Sigma = 1, 1\sqrt{\delta_1^2 + \delta_2^2 + \dots + \delta_i^2} = \delta_i, \quad (2)$$

где z_1, z_2, z_i – стоимость элемента схемы энергоучета (электронный счетчик, трансформатор тока, трансформатор напряжения и т.д.);

z_n – суммарная стоимость всех i элементов;

δ_i – нормируемая погрешность i -го элемента;

δ_Σ – суммарная фактическая погрешность канала учета;

δ_n – нормируемая (суммарная) погрешность канала учета.

Для решения поставленной задачи вариантным методом достаточно знать метрологические и стоимостные характеристики каждого элемента канала учета, затем выполнить перебор этих вариантов и выбрать тот, который имеет наименьшую стоимость при выполнении требования (2), т.е. обеспечивает получение характеристики δ_n на всех режимах работы. При небольшом числе вариантов задача так и решается в проектных организациях, хотя, к сожалению, по привычке, сложившейся ранее при применении исключительно локального энергоучета, классы точности измерительных приборов задаются и сейчас в правилах и условиях на организацию расчетного учета электрической энергии, причем без учета каких-либо стоимостных показателей. Подобная практика имеет место не только в Беларуси, но и у наших соседей – в Российской Федерации, где, например, во внесенной в Госреестр средств измерений системе автоматизированного энергоучета (АИИС КУЭ) ООО ПКФ «Атлас» точно указываются типы и классы элементов измерительного канала – трансформаторы тока ТПЛ-10 (класс точности 0,5S), трансформаторы напряжения НАЛИ-СЭЦ-6 (класс точности 0,5S), счетчик СЕ 304 (класс точности 0,5S по активной и 1,0 по реактивной энергии). Можно полагать, что для других ПКФ (фирм) разрабатываются и вносятся в Госреестр другие средства измерения с другими метрологическими характеристиками, однако если это так, то следует признать, что подобный подход неэффективен и не экономичен. Например, суммарная основная погрешность по информационному каналу в упоминаемой выше АИИС КУЭ определена в размере $\pm 1,2\%$ по активной и $\pm 2,8\%$ по реактивной энергии (в рабочих условиях соответственно $\pm 2,1\%$ и $\pm 3,3\%$). Подобные величины намного выше тех, которые получаются при вычислении суммарной погрешности по каналу с использованием формулы (2), так как основную долю в суммарную погрешность вносят трансформаторы тока, напряжения и электронные счетчики (в нашем случае с классами 0,5S).

При всей очевидности преимущества перехода к перебору вариантов синтеза технических средств в измерительном канале АСКУЭ следует, однако, обращаться и к вычислительным методам, рассматривая в равенстве (1) составляющие z_i в виде некоторых функций, аргументами которых являются классы точности элементов (например, электронных счетчиков). Так, отраслевой рекомендуемый перечень средств коммерческого учета электроэнергии для целей применения в составе АСКУЭ (редакция №7, утверждена 21.07.2014 г.) содержит 16 типов электронных счетчиков различных производителей, 13 типов однофазных, 6 типов трансформаторов тока различных номиналов. Если последующие перечни пополняются модификациями трансформаторов напряжения, устройств сбора данных, программного обеспечения, то построение функций $z_i=f(\delta_i)$ будет обеспечено по всем элементам канала учета, оказывающим влияние на его суммарную погрешность. Однако даже если по некоторым элементам такая информация пока и отсутствует, это не исключает возможности решения оптимизационной задачи (1) по той причине, что часть составляющих z_i может быть принята в виде константы.

Оптимизация метрологических характеристик по каналам учета в соответствии с минимизируемой функцией (1) и ограничением (2) дополняется проверкой канала на надежность, учитывая, что для счетчиков (ЭС), устройств сбора и передачи данных (УСПД), устройств синхронизации времени (УСВ) и сервера приводятся такие характеристики как среднее время наработки на отказ ($T_{эс}$, $T_{успд}$, $T_{уств}$, T_c) и среднее время восстановления работоспособности:

$$\lambda_k = \frac{1}{T_{эс}} + \frac{1}{T_{успд}} + \frac{1}{T_{уств}} + \frac{1}{T_c} \leq \lambda_{дон} , \quad (3)$$

где $\lambda_{дон}$ – максимальный предел удельной повреждаемости канала, 1/час;

Суммирование составляющих в (3) обусловлено тем, что при выходе из строя любого элемента вышедшим из строя считается весь канал. Так, при $T_{эс} = 120\,000$ часов, $T_{успд} = 35\,000$ часов, $T_c = 100\,000$ часов (по данным на АИИС КУЭ, внесенную в Госреестр СИ Российской Федерации) значение λ_k составит величину 0,472 отказов в год. Получение аналогичным образом значений λ_k для других типов счетчиков, УСПД, УСВ и сервера позволяет провести

направленный перебор вариантов как по критерию надежности канала, так и путем рассмотрения этого критерия в виде ограничения. Так, если $\lambda_{\text{оп}} = 1 \text{ отк/год}$, то следует признать, что рассмотренные выше характеристики среднего времени наработки на отказ элементов канала учета удовлетворяют заказчика и по критерию надежности.

Выводы

1. При создании многоканальных и многоуровневых сетей автоматизированного энергоучета разработка методики их метрологической аттестации является одной из первоочередных задач в силу высокой стоимости технических средств, синтезируемых в систему;

2. Основными подходами к проведению синтеза АСКУЭ из элементов, вносящих различные погрешности в их суммарную расчетную величину, является направленный перебор вариантов синтеза и решение оптимизационной задачи с применением неопределенных множителей Лагранжа и учетом ограничения по допустимому максимуму суммарной относительной погрешности, а также надежности по каждому измерительному каналу.

ИССЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМ АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ УРОВНЯ ВОДЫ В БАРАБАНЕ КОТЛА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РАЗЛИЧНОГО КОЛИЧЕСТВА ДАТЧИКОВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ

Кухоренко А.Н.

НИИ ПБ И ЧС МЧС Республики Беларусь, г. Минск, РБ

Изучение работы энергоблоков тепловых электростанций в широком диапазоне изменения нагрузок и в переменных режимах (пуск, останов, резкие изменения нагрузки) в настоящее время является одной из наиболее актуальных задач развития белорусской энергосистемы в связи с вводом двух энергоблоков атомной электростанции (АЭС) суммарной мощностью 2400 МВт при установленной мощности энергосистемы на 01.01.2015 – 10035 МВт. В связи с этим актуальной становится проблема создания всережимной САР уровня воды в барабане котла.

Трехимпульсная система автоматического регулирования (САР) питания водой барабанного парогенератора, совмещающая принцип регулирования по отклонению и возмущению, получила широкое